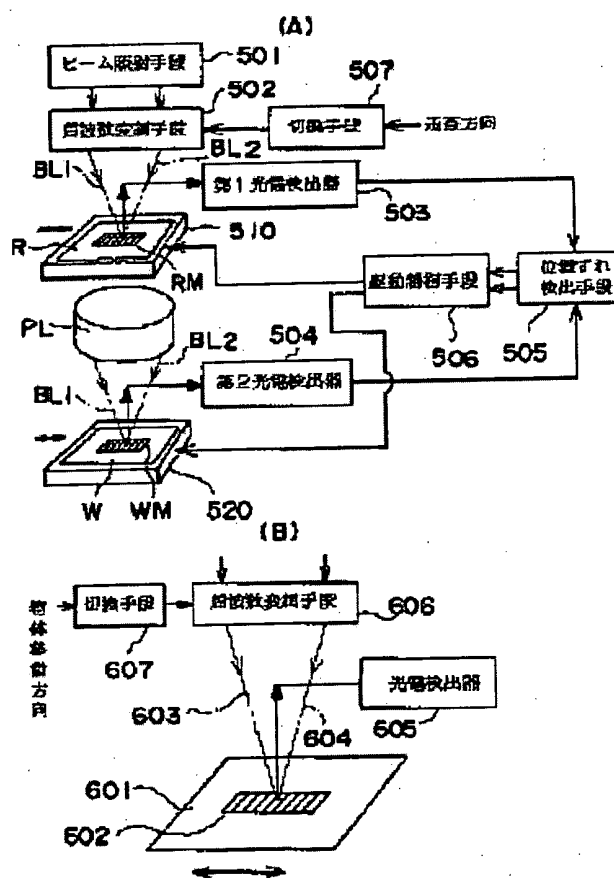


SCANNING EXPOSURE DEVICE AND OBJECT MOVEMENT MEASURING APPARATUS

Patent number: JP5062871
Publication date: 1993-03-12
Inventor: OTA KAZUYA
Applicant: NIKON CORP
Classification:
 - international: H01L21/027; G03F7/20; G03F9/00
 - european:
Application number: JP19910245054 19910830
Priority number(s):

Abstract of JP5062871

PURPOSE: To perform an interference fringe type alignment without influence of scanning direction and speed substantially without interruption during scanning without using the position measured value of a scanning stage when reversely scanning to expose.
CONSTITUTION: The scanning exposure device comprises frequency modulating means 502 for applying a predetermined frequency difference to two beams BL1, BL2 to irradiate from beam irradiating means 501 when an interference fringe alignment method is applied to an exposure device, and switching means 507 for so switching as to invert the polarity of the difference of the beams BL1, BL2 from the means 501 in response to whether the scanning direction of a mask R is a positive direction of a first direction or a negative direction. It is so constituted that the frequencies of first and second AC signals always become the difference or more of the two beams BL1, BL2 irrespective of the positive and negative of the scanning direction of the mark R. As a result, scanning speed and direction are not limited, and its throughput is improved.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-62871

(43)公開日 平成5年(1993)3月12日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 3 F 7/20	5 2 1	7818-2H		
9/00	H	7818-2H		
		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	3 2 1
		7352-4M		3 1 1 M
審査請求 未請求 請求項の数2(全 16 頁)				

(21)出願番号 特願平3-245054

(22)出願日 平成3年(1991)8月30日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 太田 和哉

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式

会社ニコン大井製作所内

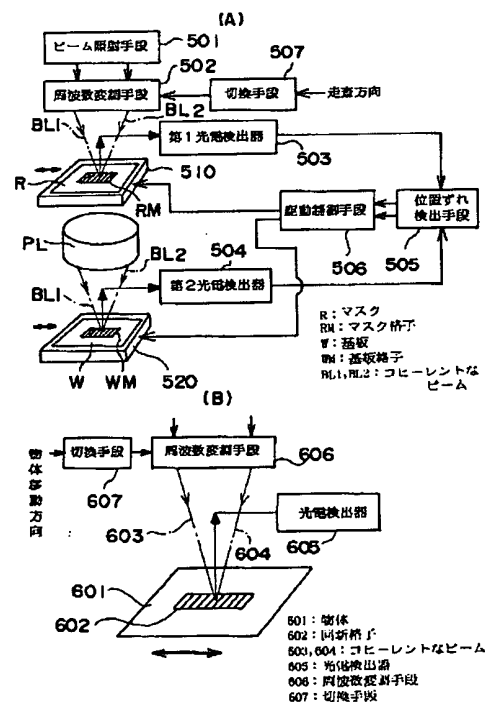
(74)代理人 弁理士 永井 冬紀

(54)【発明の名称】 走査露光装置および物体の移動測定装置

(57)【要約】

【目的】 互に逆方向に走査して露光する際、走査ステージの位置計測値を用いることなく走査中にほぼ中断なく、かつ走査方向や走査速度に影響を受けずに干渉縞方式のアライメントを可能にする。

【構成】 露光装置に干渉縞アライメント法を適用する際、ビーム照射手段501から射出される2本のビーム(BL1, BL2)に一定の周波数差を与える周波数変調手段502と、マスク(R)の走査方向が第1方向の正方向であるか負方向であるかに応じて、ビーム照射手段501からの2本のビーム(BL1, BL2)の周波数差の極性を反転させるように切替える切替手段507とを有し、第1交流信号、第2交流信号の周波数がマスク(R)の走査方向の正負によらず、常に2本のビーム(BL1, BL2)の周波数差以上になるように構成する。その結果、走査速度や走査方向に制限が加えられず、スループットが向上する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 原画パターンが形成されたマスクを保持して、前記原画パターンの面に沿った第1方向に往復移動可能なマスクステージと、
前記原画パターン、もしくはその一部を所定の倍率で投影する投影光学系と、
この投影光学系の結像面に前記感光基板が位置するようにこの感光基板を保持して前記第1方向に往復移動可能な基板ステージとを備え、
前記マスクステージと前記基板ステージとを、前記倍率に応じた速度比で同時に移動させることによって、前記原画パターンの投影像を前記感光基板上に走査露光する装置において、
前記マスクには、前記第1方向に一定ピッチで配列された複数の格子要素から成るマスク格子が、前記原画パターンの走査露光の範囲に渡って設けられ、
前記感光基板には、前記第1方向に沿って一定ピッチで配列された複数の格子要素から成る基板格子が、前記原画パターンの走査露光の範囲に渡って設けられ、
前記第1方向に関して対称的に傾いた2本のコヒーレントなビームが前記マスク格子と前記基板格子のそれぞれを照射するように、それら2本のビームを前記マスクおよび前記投影光学系を介して前記感光基板に向けるビーム照射手段と、
前記ビーム照射手段から射出される前記2本のビームに一定の周波数差を与える周波数変調手段と、
前記2本のビームの照射によって前記マスク格子から同一方向に生じる2つの回折光によって形成された干渉光を光電検出し、前記周波数差と前記マスクの走査速度とに応じた周波数の第1の交流信号を出力する第1光電検出器と、
前記2本のビームの照射によって前記基板格子から同一方向に生じる2つの回折光によって形成された干渉光を光電検出し、前記周波数差と前記基板の走査速度とに応じた周波数の第2の交流信号を出力する第2光電検出器と、
前記第1交流信号と第2交流信号とを比較し、前記マスクと基板との相対走査中における位置ずれを検出する位置ずれ検出手段と、
この位置ずれ検出手段で検出された位置ずれに応じて前記マスクステージと基板ステージを駆動制御する駆動手段と、
前記マスクの走査方向が前記第1方向の正方向であるか負方向であるかに応じて、前記ビーム照射手段からの2本のビーム周波数差の極性を反転させるように切換える切換え手段とを有し、
前記第1交流信号、第2交流信号の周波数が前記マスクの走査方向の正負によらず、常に前記2本のビームの周波数差以上になるように構成したことを特徴とする走査露光装置。

【請求項2】 第1方向に沿って往復移動する物体上には、この第1方向に沿って一定ピッチで配列された複数の格子要素からなる回折格子が設けられ、
この回折格子上の同一部分に2本のコヒーレントなビームを前記第1方向に関して対称的に傾けて同時に照射し、

前記回折格子から同一方向に生じる2つの回折光によって形成される干渉光を光電検出器で検出して得られた交流信号に基づいて、前記物体の移動量または移動位置を測定する装置において、
前記回折格子を照射する2本のビームに所定の周波数差を与える周波数変調手段と、
前記物体の往復移動の方向性によって前記2本のビームの周波数差の極性を切換える切換え手段とを備え、
前記光電検出器で得られる交流信号の周波数が、前記物体の往復移動の方向性にかかわらず、常に前記周波数差以上になるように構成したことを特徴とする物体の移動測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、マスク上のパターンを感光基板上に投影露光する際、マスクと感光基板とを投影光学系に対して同時に走査する走査露光装置に関するものである。また本発明は、移動物体の速度、位置などを測定する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】（走査露光装置の第1の従来例）従来の走査露光装置として、等倍の反射投影光学系を備え、マスクを保持するマスクステージと感光基板（ウエハ）を保持する基板ステージとを共通の移動コラムに結合して、同一速度で走査露光する方式が知られている。この等倍の反射投影光学系は、屈折素子（レンズ）を用いないために広い露光波長域に渡って色収差が良好であり、光源（水銀ランプ）からの輝線スペクトルの2本以上（例えばg線とh線等）を同時に使って露光強度を高め、高速な走査露光を可能としている。しかしながら反射投影系では、S（サジタル）像面とM（メリジオナル）像面の双方の非点収差をとともに零にする点が、反射投影系の光軸から一定距離の像高位置近傍に制限されるため、マスクを照明する露光光の形状は幅の狭い輪帯の一部分、いわゆる円弧スリット状になっている。このような等倍の走査露光装置（ミラープロジェクションアライナー）では、ウエハ上に投影されるマスクのパターン像が鏡像関係にならないようにすると、マスクとウエハとを一体の移動コラム上にアライメントした状態で保持させた後は移動コラムが円弧状スリット照明光の幅方向に一次元走査を行なうことで露光が完了する。当然のことながら、ウエハ上に投影されたマスクパターン像が鏡像関係になるような等倍投影系では、マスクステージとウエハステージとを互いに逆方向に同一速度で移動させ

る必要がある。

【0003】（走査露光装置の第2の従来技術）さらに従来の走査露光方式として、屈折素子を組み込んで投影倍率を拡大、または縮小にした状態でマスクステージと感光基板のステージとの両方を倍率に応じた速度比で相対走査するものも知られている。この場合、投影光学系は反射素子と屈折素子とを組み合わせたもの、あるいは屈折素子のみで構成されたものが使われ、反射素子と屈折素子とを組み合わせた縮小投影光学系の一例としては、特開昭63-163319号公報に開示されたものがある。そしてこの投影光学系を用いた走査露光装置がパーキン・エルマー社からステップ&スキャン方式のアライナー（商品名Micrascan 1 system）として発表されている。

【0004】（走査露光装置の第3の従来技術）また、フルフィールド投影が可能な縮小投影光学系を用いて、ステップ&スキャン露光を行なう1つの方法も、特開平2-229423号に開示されている。

【0005】（走査露光装置のポイント）以上のようなスキャン方式の露光装置のうち、投影倍率が等倍以外の装置では、マスクステージとウエハステージとを倍率に応じた速度比で精密に走査移動させる必要があるとともに、走査中に生ずるマスクパターンとウエハ上のパターンとの整合状態からのずれも許容範囲内に押え込んでおく必要がある。許容できる整合ずれは、ウエハ上の最小パターン線幅から概略的に規定されるが、例えば $0.8\mu\text{m}$ 程度の線幅のパターンをウエハ上に作るとなると、その $1/5 \sim 1/10$ 以下のずれ量しか許容されない。従って、走査露光中においては、マスクとウエハとの相対的な位置ずれを常にモニターできることが望ましい。

【0006】（走査中の位置ずれモニタ付き走査露光装置の従来例）その1つの従来例として、特開昭63-41023号公報に開示されたように、マスク（レチクル）に形成されたハの字状の複数のレチクルマークと、ウエハに形成されたハの字状の複数のウエハターゲットとを、走査露光の直前、もしくは走査露光中に次々と検出して、レチクルとウエハとの相対位置関係（倍率エラーや回転エラーも含む）を補正する方式が知られてい

$$\Delta Y = ((P5 + P6) - (P2 + P3)) - (P4 - P1)$$

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上記の従来技術では、非常に細いスリット状の照明光束A I Lが各アライメントマークを横切った時だけ、各信号波形が得られるため、高いアライメント精度を得るには複数のマークの位置を検出して、その平均値を求める等の処理が不可欠になる。従って予備的なアライメントのための走査を行なった後、露光用の本走査を行なうことになる。これではスループットが犠牲になってしまうという問題を避けられない。また上記従来のマーク形状では、例えば1ヶ所のマーク検出での精度が十分であっても、マークの大き

る。

【0007】上記、特開昭63-41023号公報に開示された方式は、図15に簡単に示したように、レチクルRの周辺に形成された複数のハの字マーク群RM1、RM2、RM3と、ウエハW上のショット領域SAの周辺に形成された複数のハの字マーク群WM1、WM2、WM3とを、ハの字に配置したスリット状の照明光束A I Lの照射のもとで、次々に相対走査する。図15において投影光学系P Lは説明を簡単にするため等倍で図示し、レチクルRとウエハWとは矢印のように互いに逆方向に走査移動する。このとき、照明光束A I Lの照射によってレチクルマークRM1、RM2、RM3とウエハマークWM1、WM2、WM3から反射された正反射光、もしくは散乱光の光量変化は図16に示すように、時間軸上で規定される。

【0008】図16（A）はレチクルマークからの反射光を光電検出して得られる信号波形の一例を表し、図16（B）はウエハマークからの散乱光を光電検出して得られる信号波形の一例を表す。レチクルRとウエハWのアライメントは、レチクル信号波形中のパルスP1がウエハ信号波形中の1対のパルスP2、P3と時間的に整合し、引き続きレチクル信号波形中のパルスP4、P7がそれぞれウエハ信号波形中の1対のパルスP5、P6、およびパルスP8、P9と時間的に整合するように、レチクルR、ウエハWの走査速度と相対位置を調整することによって達成される。ただし、実際に走査露光を行なっている間に各マークを始めて検出するとすると、走査露光の開始時点では精密なアライメントが達成されていないことになる。

【0009】そこで実際の露光開始前に図15に示したように予備走査を行ない、レチクル信号波形中の各パルスP1、P4、P7の各位置を平均した位置と、ウエハ信号波形中の各パルスP2、P3、P5、P6、P8、P9の各位置を平均した位置とを求め、両平均位置の差から走査露光方向のアライメント誤差 ΔX がわかる。またパルスP1～P6の各位置から次式を算出すると、走査方向と直交する方向のアライメント誤差 ΔY がわかる。

さは走査方向に関して極めて狭い幅寸法しか有していないため、アライメント信号波形中の各パルスは時間的に断続的なものになり、信号波形中でパルスが発生しない期間では、実質的にアライメント誤差の検出を行っていないことになる。このため、走査方向に並んだ複数のマークの各間の部分では、レチクルRやウエハWを移動させる走査ステージの位置を計測するレーザ干渉計の計測値を頼りにすることになる。

【0011】本発明の目的は、互に逆方向に走査して露光する際、走査ステージの位置計測値を用いることなく走査中にほぼ間断なく、かつ走査方向に影響を受けずに

干渉縞アライメントを可能にした走査露光装置を提供することにある。また本発明の目的は、移動物体の位置、速度等を精度よく測定できる装置を提供することにある。

【0012】

【課題を達成するための手段】クレーム対応図である図1(A)により請求項1の発明を説明すると、本発明に係る走査露光装置は、投影光学系(PL)を挟んでマスク(R)と感光基板(W)とを結像関係に配置し、マスクステージ(510)と基板ステージ(520)とを投影倍率に応じた速度比で同時に第1方向(例えばX方向)に相対移動させて、マスク(R)の原画パターンを感光基板(W)上のショット領域に走査露光する装置に適用される。

【0013】そして、請求項1に係る走査露光装置は図1(A)に示すように、次の様な構成をとることにより、上述した目的を達成する。本発明で使用するマスク(R)には、第1方向(X方向)に沿って一定ピッチで配列された複数の格子要素から成るマスク格子(RM)が、原画パターンの走査範囲に渡って設けられている。また、感光基板(W)には、マスク格子(RM)に対応した基板格子(WM)が同様に設けられている。さらに、第1方向に関して対称的に傾いた2本のコヒーレントなビーム(BL1, BL2)がマスク格子(RM)と基板格子(WM)のそれぞれを照射するように、それら2本のビーム(BL1, BL2)をマスク(R)および投影光学系(PL)を介して感光基板(W)に向けるビーム照射手段501と、ビーム照射手段501から射出される2本のビーム(BL1, BL2)に一定の周波数差を与える周波数変調手段502と、2本のビーム(BL1, BL2)の照射によってマスク格子(RM)から同一方向に生じる2つの回折光によって形成された干渉光を光電検出し、周波数差とマスク(R)の走査速度とに応じた周波数の第1の交流信号を出力する第1光電検出器503と、2本のビーム(BL1, BL2)の照射によって基板格子(W)から同一方向に生じる2つの回折光によって形成された干渉光を光電検出し、周波数差と基板(W)の走査速度とに応じた周波数の第2の交流信号を出力する第2光電検出器504と、第1交流信号と第2交流信号とを比較し、マスク(R)と基板(W)との相対走査中における位置ずれを検出する位置ずれ検出手段505と、この位置ずれ検出手段505で検出された位置ずれに応じてマスクステージ510と基板ステージ520を駆動制御する駆動手段506と、マスク(R)の走査方向が第1方向の正方向であるか負方向であるかに応じて、ビーム照射手段501からの2本のビーム(BL1, BL2)の周波数差の極性を反転させるように切換える切換手段507とを有し、第1交流信号、第2交流信号の周波数がマスク(R)の走査方向の正負によらず、常に2本のビーム(BL1, BL2)の

周波数差以上になるように構成する。請求項2に係る物体の移動測定装置は、図1(B)に示すように、第1方向に沿って往復移動する物体601上には、この第1方向に沿って一定ピッチで配列された複数の格子要素からなる回折格子602が設けられ、この回折格子上の同一部分に2本のコヒーレントなビーム603, 604を第1方向に関して対称的に傾けて同時に照射し、回折格子602から同一方向に生じる2つの回折光によって形成される干渉光を光電検出器605で検出して得られた交流信号に基づいて、物体601の移動量または移動位置を測定する装置に適用される。そして、回折格子602を照射する2本のビーム603, 604に所定の周波数差を与える周波数変調手段606と、物体601の往復移動の方向性によって2本のビームの周波数差の極性を切換える切換手段607とを備え、光電検出器605で得られる信号の周波数を、物体601の往復移動の方向性にかかわらず、常に周波数差以上にするように構成したものである。

【0014】

【作用】請求項1の発明では、走査露光装置に干渉縞アライメント法を適用する時、マスク(R)の走査方向に応じて、マスク格子(RM)と基板格子(WM)にそれぞれ入射されるビーム(BL1, BL2)の周波数差の極性が切換えられる。その結果、マスク格子(RM)に対応する第1交流信号と、基板格子(WM)に対応する第2交流信号の各周波数がマスク(R)の走査方向の正負によらず、常に2本のビーム(BL1, BL2)の周波数差以上になる。したがって、マスク走査方向や走査速度が制限されなくなり、スループットが向上する。請求項2の発明では、回折格子602に入射される2本のビーム603, 604の周波数差の極性は、物体の移動方向に応じて切換えられる。この結果、光電検出器605で得られる各ビームに対応する周波数が、物体の移動方向にかかわらず常に周波数差以上になる。したがって、物体の移動方向によって位置や速度が測定できなくなったり、その精度が低下するといった問題が解消される。

【0015】なお、本発明の構成を説明する上記課題を解決するための手段と作用の項では、本発明を分かり易くするために一部実施例の符号を用いたが、これにより本発明が実施例に限定されるものではない。

【0016】

【実施例】—第1の実施例—

(全体構成)図2は本発明の第1の実施例によるステップ&スキャン露光装置の構成を示し、図3はスキャン露光時の様子を模式的に示した斜視図である。図2において、投影光学系PLは、一例として従来の屈折素子のみで構成されたフルフィールドタイプの1/5縮小投影レンズであり、レチクルR側とウエハW側がともにテレセントリックになっている。

【0017】露光用光源からの照明光は、フライアイレンズ等によって均一な照度分布になって照明視野絞りとしてのレチクルブラインド1を照射する。ブラインド1には、レチクルR上をスリット状に照明するためのスリット開口が設けられる。このスリット開口の長手方向はレチクルR、ウエハWの走査方向、例えばX方向と直交したY方向に一致している。ブラインド1のスリット開口を通った照明光は、レンズ系2、ミラー3、コンデンサーレンズ4、およびダイクロイックミラー（またはビームスプリッター）5を介してレチクルRに達する。ここでブラインド1はレンズ系2、コンデンサーレンズ4の合成系に関してレチクルRのパターン面（投影レンズPLと対向した面）と共役配置され、レチクルRにはスリット開口の像が結像される。またスリット開口の中心は投影レンズPL、および照明光学系（レンズ系2、コンデンサーレンズ4等）の光軸AXに一致しているものとする。

【0018】レチクルRは少なくともX方向に大きく移動可能なレチクルステージ6上に吸着保持される。レチクルステージ6はコラム7上をモータ8によってX方向に走査移動する。もちろん、レチクルRのアライメントのためにはY方向と θ 方向の微動機構も必要であるが、ここではその図示、および説明を省略する。レチクルRのスリット照明領域内に存在するパターン像は投影レンズPLによってウエハW上に結像投影される。ウエハWは2次元（X、Y方向）に大きく移動するウエハステージ9上に載置され、このステージ9はモータ10によって駆動される。レーザ干渉計11はウエハステージ9の座標位置の変化を逐次計測するとともに、ウエハステージ9のX方向、およびY方向の移動速度に関するスピード信号も出力する。駆動制御部12はレーザ干渉計11からの位置情報やスピード信号に基づいてモータ10を最適な駆動パターンで制御する。本実施例ではウエハステージ9のX方向の移動によって走査露光を行ない、Y方向の移動をステッピングに使うものとするが、その逆であってもよいことは言うまでもない。なお、図2には示していないが、レチクルステージ6はレーザ干渉計によって座標位置、回転（ヨーイング）誤差等が計測されているものとする。

【0019】次に図3を参照して、レチクルRとウエハWに形成されたアライメントマークの配置の一例を説明する。図3に示したように、レチクルRとウエハWはX方向に沿って互いに逆方向に走査移動されることから、レチクルR上のパターン領域PAの周辺のX方向に伸びたストリートライン領域内に、複数の格子要素をX方向に一定ピッチで走査範囲に渡って配列した格子マークRMa、RMbが設けられる。格子マークRMa、RMbはパターン領域PAを挟んでY方向に離して設けられるが、その格子ピッチのX方向の位置関係は一致しているものとする。

【0020】一方、ウエハW上には複数のパターン（ショット）領域SAが形成され、各ショット領域SAの周辺には、レチクルRの格子マークRMaと対応したストリートライン領域の位置に、同様の格子マークWMaが形成され、格子マークRMbと対応したストリートライン領域の位置に同様の格子マークWMbが形成される。

【0021】レチクルRの格子マークRMaとウエハWの格子マークWMaとのX方向の相対位置ずれは、光軸AXaを有するアライメント光学系を介して検出され、レチクルRの格子マークRMbとウエハWの格子マークWMbとのX方向の相対位置ずれは、光軸AXbを有するアライメント光学系を介して検出される。これら光軸AXa、AXbはいずれも投影レンズPLの瞳面EPの中心で光軸AXと交差する。

【0022】ここで再び図2を参照してアライメント系、および制御系について説明する。本実施例では、レチクルR、ウエハWの各格子マークのピッチ方向の位置ずれを検出するのに好適な干渉縞アライメント法を採用する。この干渉縞アライメント法の一例は、例えば特開昭63-283129号公報、特開平2-227602号公報等に記載されているので、ここでは簡単に説明する。

【0023】（一般的な干渉縞アライメント法）Ne-Ne、He-Cd、またはArイオン等のレーザ光源20からのコヒーレントな直線偏光レーザは2光束化周波数シフタ部21に入射され、周波数差 Δf を有する2つのビームBL1、BL2が作られる。周波数差 Δf は、アライメントマークからの光を受光する光電検出器の周波数応答性によって上限が決まり、半導体センサーでは実用的には100kHz以下、例えば50kHz程度がよい。ただし、光電子増倍管（フォトマルチプライヤ）を使う場合等は比較的高い周波数にすることができる。この2光束化周波数シフタ部21の詳細は後述する。

【0024】2つのビームBL1、BL2は送光光学系22を介して複数のアライメント光学系（上述した光軸AXa、AXbを有する）へ分配される。図2では1つのアライメント光学系を構成する対物レンズ23と先端ミラー24とを示す。そして対物レンズ23の光軸が図3に示した光軸AXa、AXbのいずれか一方に相当する。2つのビームBL1、BL2は対物レンズ23の光軸から対称に偏心して対物レンズ23に入射し、ミラー24とダイクロイックミラー5を介して対物レンズ23の焦点位置に存在するレチクルRのパターン面で互いに平行光束となって交差する。この交差によってレチクルRの格子マークRMa、またはRMb上に1次元の干渉縞が作られる。そしてレチクルRの透明部を透過した2本のビームは投影レンズPLを介してウエハW上の格子マークWMa、またはWMb上で交差して1次元の干渉縞が作られる。

【0025】これら干渉縞は2本の送光ビーム間に Δf

の周波数差があることから、 Δf に比列した速度で干渉縞のピッチ方向に流れる。各格子マークのピッチ方向と干渉縞のピッチ方向とが一致するように、2本の送光ビームの入射方向を決定し、かつ格子マークのピッチと干渉縞のピッチとが所定の関係（例えば整数比）になるように、2本の送光ビームの交差角を決定すると、各格子マークからは、垂直方向に周波数差 Δf と同じビート周波数をもった干渉光が発生する。この干渉光はビート周波数 Δf で常時明暗を繰り返しており、格子マークと2本の送光ビームの交差領域の相対位置がX方向に微小偏位した状態にあったとしても、そのビート周波数 Δf は変化しない。

【0026】これら格子マークからの干渉光はミラー5、24、対物レンズ23を介して、光電検出ユニット25に導かれ、正弦波状の検出信号SR、SWが作られる。信号SRはレチクルRの格子マークRMa、またはRMbからの干渉光を光電検出して得られ、信号SWはウエハWの格子マークWMa、またはWMbからの干渉光を光電検出して得られたもので、レチクルRとウエハWとが静止した状態では、どちらの信号の周波数も Δf である。ただしレチクルRの格子マークとウエハWの格子マークとが、そのピッチ方向にずれているときは、2つの信号SR、SWの間に位相差 $\Delta\phi$ が生じる。この位相差 $\Delta\phi$ は位相差計測部27によって検出され、検出された位相差に対応した位置ずれ量が算出される。検出可能な位相差は、通常 $\pm 180^\circ$ の範囲であり、これは格子マークのピッチを Pg (μm) とすると、位置ずれ量として $\pm Pg/2$ (μm)、または $\pm Pg/4$ (μm) に相当する。

【0027】（走査露光装置に採用する干渉縞アライメント法）主制御部30は、この位置ずれ量の値を入力し、ウエハステージ9の駆動制御部12、またはレチクルステージ6の駆動制御部28に逐次補正值を出力する。先に述べた従来の干渉縞アライメント法では、主制御部30は単にその位相差が所定値になるまでモータ8、または10を駆動してレチクルステージ6、またはウエハステージ9のいずれか一方を微動させるだけでよかった。しかしながら本実施例のように、レチクルRとウエハWの両方が高速移動するスキャン露光中にも、2つの信号SRとSWの位相差を求めるとなると、別の問題が生じてくる。それは、スキャン露光によって格子マークが2本の送光ビームの交差領域に対してピッチ方向に速度 v (mm/s) で移動し続けることによって、光電検出すべき格子マークからの干渉光がドップラー効果を受け、検出信号SR、SWの周波数が Δf から大きく変動してしまうことである。信号SR、SWの周波数 f_s (kHz) は、格子マーク（ピッチ Pg) の移動速度を v (mm/s) として次式で表わされる。
$$f_s = \Delta f + 2v/Pg$$
（ただしビート周波数 Δf は50 kHz）

例えば速度 v が $-100mm/s$ であると、信号SR、SWの周波数 f_s は $Pg=8\mu m$ として、25 kHzになってしまい、速度 v が $+100mm/s$ であると、周波数 f_s は75 kHzになる。

【0028】そのため、このような方式を採用すると、一般的にはレチクルステージ6、ウエハステージ9の走査速度にはある制限が伴い、たとえば、周波数 f_s として位相差計測上で問題とならない値が確保できるように走査速度 v を低めに設定したり、周波数 f_s が低くなるような走査方向（-X方向）はさけて、常に+X方向のみに限定して走査露光を行なうようにする必要があり、スループットの低下が避けられない。そこで、本発明に係る走査露光装置では、レチクルRの移動方向に応じて2つのビームBL1、BL2の周波数差 Δf （ビート周波数に等しい）の極性を反転させ、レチクルRの走査方向にかかわらず検出信号SR、SWの周波数がビート周波数よりも、すなわち2つのビームの周波数差 Δf より高くなるようにする。

【0029】（2光束化周波数シフト部21と切換部32）図4により、レチクルRの移動方向に応じて周波数差 Δf の極性を反転させる制御部について説明する。図4において、2光束化周波数シフト部21は、アライメント用レーザ光源20からのレーザ光を分割するビームスプリッタ211と、ビームスプリッタ211で分割された一方のレーザ光が入射される音響光学素子212と、ビームスプリッタ211で分割された他方のレーザ光がミラー214を介して入射される音響光学素子213と、周波数 f_1 および f_1 とは異なる周波数 f_2 の高周波信号を出力する周波数シンセサイザ215とを有する。各音響光学素子212、213に入射されるアライメント光は、周波数シンセサイザ215から各音響光学素子212、213に送られる高周波信号に応じて回折する。

【0030】ここで、各音響光学素子212、213の入射光の周波数を f_0 、音響光学素子212、214に印加される高周波信号の周波数をそれぞれ f_1 、 f_2 とすると、音響光学素子212で回折されて射出される+1次回折光の周波数は $f_0 + f_1$ 、音響光学素子213で回折されて射出される+1次回折光の周波数は $f_0 + f_2$ となる。そこで、各音響光学素子の出射側には+1次回折光だけを取り出すアパーチャ216、217を設け、アパーチャ217を通過したアライメント光をビームスプリッタ218に直接に入射させ、アパーチャ216を通過したアライメント光をミラー219を介してビームスプリッタ218に入射させる。ビームスプリッタ218により、マスク格子およびウエハ格子上でそれぞれ交差するアライメント光の交差角が規定される。

【0031】周波数シンセサイザ215と各音響光学素子212、213の間には切換器220が設けられ、切換器220の操作により、周波数シンセサイザ215

から出力される周波数 f_1 の信号と f_2 の信号の各々が択一的にいずれか一方の音響光学素子に各々印加され、このようにして、音響光学素子 212, 213 から射出されるアライメント光の周波数差の極性が反転される。この切換器 221 の切換えは、2 光束化周波数シフタ部 21 の外部に配置された切換駆動部 32 により切換えられる。この切換駆動部 32 にはレチクル R の走査方向切換え信号が入力され、切換駆動部 32 は、この走査方向切換え信号に応じて切換器 220 を切換える。

【0032】たとえば、レチクル R が X 方向の正方向（図 3 の矢印方向）に走査される時に切換器 220 が図 4 の位置に切換わっているとすると、このとき、周波数シンセサイザ 215 の 2 つの高周波信号の周波数 f_1 , f_2 が $f_1 > f_2$ となると、音響光学素子 212 から射出されるアライメント光の周波数と音響光学素子 213 から射出されるアライメント光の周波数との差が上記検出信号 SR, SW の周波数より小さくなるように設定されている。ここで、切換駆動部 32 に入力されるレチクル走査方向信号が負方向に切換わったとすると、切換器 220 は図示の位置から切換わり、音響光学素子 212 には周波数の低い高周波信号が、音響光学素子 213 には周波数の高い高周波信号が印加される。その結果、各音響光学素子 212, 213 から射出されるアライメント光の周波数差は、正方向走査と同様に検出信号 SR, SW の周波数よりも小さくなる。このように、レチクル R の走査方向に応じてビーム BL1, BL2 の周波数差の極性を反転すると、走査速度や走査方向に制限を加える必要がなくなり、スループットを向上できる。

【0033】（主制御部 30）次に、レチクル R とウエハ W の各ステージ 6, 9 を駆動制御する主制御部 30 について説明する。本実施例の主制御部 30 は、より簡単な走査中アライメント実現のために、まずウエハステージ 9 を制御された一定速度で駆動するための速度および位置のコントロール部 300 と、レチクルステージ 6 を制御された一定速度で駆動するための速度および位置のコントロール部 302 と、トラッキング走査コントロール部 304 とを有する。

【0034】通常のレチクル単体の位置決め、いわゆるレチクルアライメントや、ウエハ単体の位置合せ、いわゆるウエハグローバルアライメント（または EGA）の場合、コントローラ部 300, 302 は相互に関連することなく、従来通りの機能を達成する。そしてスキャン露光時には、コントローラ部 300, 302 は相互に協調してレチクルステージ 6 とウエハステージ 9 の相対位置、および速度を制御する。この協調制御に関しては、図 15 に示した従来の装置においても同様に実施されている。

【0035】本実施例では、さらにトラッキング走査コントロール部 304 を設け、通常の協調制御とトラッキング制御とを切り替えられるようにした。このトラッキ

ング制御は、位相差計測部 27 から逐次出力されるレチクル R とウエハ W の X 方向の位置ずれ量が常に一定の値になるように、レチクルステージ 6 の駆動制御部 28 をサーボ制御するとともに、ウエハステージ 9 は単に一定速度で制御するというものである。もちろん、レチクルステージ 6 を定速制御とし、ウエハステージ 9 をトラッキング制御としてもよい。

【0036】すなわち本実施例では、走査露光中に連続して信号 SR, SW が出力されること、換言するとレチクル R とウエハ W との相対位置ずれ量の変化が逐次検出されることに着目して、レチクルとウエハのいずれか一方は定速度で走査し、他方はその走査移動に追従するように制御する。

【0037】なお、図 2 において基準検出系 26 は 2 本のビーム BL1, BL2 のビート周波数 Δf を検出するもので、この検出信号は、周波数 Δf の正弦波状の基準信号 SF として位相差計測部 27 に入力され、位相差計測部 27 は、基準信号 SF と検出信号 SR との位相差からレチクル R の初期位置のずれを求めたり、基準信号 SF と検出信号 SW との位相差からウエハ W の初期位置のずれを求めたりすることができる。さらに位相差計測部 27 には周波数変化を検出する回路が組み込まれており、基準信号 SF に対する検出信号 SR、または SW の周波数変化を定量化することによって、レチクルステージ 6、またはウエハステージ 9 の速度変化を格子マークの移動から直接検出することが可能となっている。

【0038】（レチクルとウエハの相対回転誤差）本実施例では図 3 に示すように、2 組のアライメント系（光軸 AXa と AXb）が、パターン領域 PA の両脇の格子マーク RMa, RMb、およびショット領域 SA の両脇の格子マーク WMa, WMb を検出しているため、光軸 AXa を有するアライメント系のユニット（以後、アライメントユニット XA とする）から得られる位置ずれ量 ΔXa と、光軸 AXb を有するアライメント系のユニット（以後、アライメントユニット XB とする）から得られる位置ずれ量 ΔXb との差を、例えばハードウェアによるデジタル減算回路で逐次算出するようにすれば、レチクル R とウエハ W（1 つのショット領域 SA）との相対回転誤差の変化が走査露光中にただちに求まる。

【0039】相対回転誤差も、パターン領域 PA またはショット領域 SA のサイズや、最小線幅の値によって、ある許容量が定められ、許容量を越える回転誤差が生じ得るときは、レチクルステージ 6 を微小回転させる $\Delta \theta$ 機構にフィードバックして、走査露光中にリアルタイムに回転誤差を補正していくことが望ましい。この場合、 $\Delta \theta$ 機構の回転中心は、レチクル R 上に投影されたブラインド 1 のスリット開口像の中心と一致していることが好ましい。

【0040】ここで、図 2 に示した装置中の送光光学系 22 と光電検出ユニット 25 の具体的な一例を、図 5 を

参照して説明する。図5において、2本の送光ビームBL1、BL2は照明視野絞り40上で交差するとともに、所定の大きさの照明領域に制限される。制限された2本の送光ビームはレンズ系41、偏光ビームスプリッタ42、および1/4波長板43を介して対物レンズ23に入射する。この図5から明らかなように、絞り40とレチクルRの格子マークRMaとは、レンズ系41と対物レンズ23との合成系に関して互いに共役に配置される。そして2本の送光ビームBL1、BL2は、レンズ系41と対物レンズ23との間のフーリエ空間中のフーリエ変換面（投影レンズPLの瞳EPと共役な面）でそれぞれビームウェストとなって収れんするとともに、送光ビームBL1、BL2の各主光線はフーリエ空間内で光軸AXaと平行に、かつ対称になる。

【0041】2本の送光ビームBL1、BL2は偏光ビームスプリッタ42をほぼ100%透過した後、1/4波長板43で同一方向に回転する円偏光に変換され、対物レンズ23を介して再び平行な2本のビームとなってマークRMaの位置で交差する。マークRMaの配置については図4に示したが、実際にはウエハ側のマークWMaに対して非計測方向（格子ピッチ方向と直交する方向）に横ずれした関係にしておく。

【0042】図6はレチクルR側でみた格子マークRMa、WMaの関係を示し、矩形の領域ALxは絞り40の開口像である。ここで格子マークRMa、WMaはライン・アンド・スペースが1:1（デューティ50%）であり、投影レンズPLの倍率を1/Mとすると、マークRMaのレチクルR上でのピッチGPrと、マークWMaのウエハW上でのピッチGPwとは、 $GPr = M \cdot GPw$ の関係に定められる。スキャン露光時には、領域ALxに対してマークRMa、WMaがレチクル面上で同一方向（図6では+X方向）に同一速度vで移動する。図6に示すように格子マークRMaとWMaは、非計測方向（ここではY方向）にアライメントが達成されているときに、一定の間隔DSを保つように予め横ずれして配置される。この間隔DSはY方向のアライメント精度に依存して決められる。

【0043】図7は格子マークRMa、またはWMaがピッチ方向に速度+v、または-vで移動したときの様子を示し、各格子マーク上に作られる干涉縞IFは速度+Vfで流れているものとする。図7のように、格子マークが速度+vで移動するときは、干涉縞IFの流れる方向と一致しているため、格子マークから垂直に発生する±1次回折光の干涉光BTのビート周波数は2つのビームBL1、BL2の周波数差Δfよりも低くなり、格子マークが速度-vで移動するときは干涉縞IFの流れる方向と逆方向になるため、ビート周波数はΔfよりも高くなる。本例では、格子マークの移動方向にかかわらず、検出信号の周波数がΔfよりも常に高くなるように、格子マークの移動方向に応じてビームBL1、BL2

の周波数を切換えている。

【0044】ここで格子マークRMaについて考えてみると、2つの送光ビームBL1、BL2の入射角θを光軸AXaに関して対称に定めるとして次式の関係に設定する。

$$\sin \theta = \lambda / GPr$$

こうすると、格子マークRMaからの±1次回折光は垂直方向に発生する。またこの条件のもとで、干涉縞IFのピッチPifは、 $Pif = 1 / 2 \cdot GPr$ の関係になる。

【0045】このことから、送光ビームBL1、BL2の周波数差Δf（kHz）と格子マークの速度v（mm/s）との関係およびドップラー効果により、干涉光BTの明暗変化の周波数fs（kHz）は、先に説明した通り、 $fs = \Delta f + 2v / GPr$ になる。

【0046】図5に示すようにレチクルの格子マークRMaからの干涉光BTrと、ウエハの格子マークWMaからの干涉光BTwとは、対物レンズ23、1/4波長板43、偏光ビームスプリッタ42を介して光軸AXa上を戻り、レンズ系44に入射する。このレンズ系44は逆フーリエ変換レンズとして作用し、格子マークRMa、またはWMaと共役な面が作られる。レンズ系44からの干涉光BTr、BTwはハーフミラー45で2つに分割され、遮光板46R、46Wに達する。この遮光板46Rは、格子マークRMaと共役な位置に配置され、マークRMaからの干涉光BTrのみを通して、他の干涉光BTwを遮光するような配置の開口APRを有する。同様に、遮光板46Wは格子マークWMaと共役な位置に配置され、マークWMaからの干涉光BTwのみを通して、他の干涉光BTrを遮光するような配置の開口APWを有する。

【0047】光電センサー（フェトダイオード、フォトマル等）47Rは開口APRからの干涉光BTrを受光して信号SRを出力し、光電センサー47Wは開口APWからの干涉光BTwを受光して信号SWを出力する。これら信号SR、SWの処理については図2で説明した通りである。

【0048】以上、本実施例ではウエハステージ9を走査露光中に定速制御するようにしたが、これは走査速度の変動がショット領域SA内の露光量むらとなるからである。またブラインド1は必ずしも、スリット開口に限られず、投影レンズPLの円形のイメージフィールド内に内包される正六角形、矩形、ひし形、または円弧状等の開口であつてもよい。

【0049】正六角形の開口を有するブラインドを用いたステップ&スキャン方式の装置は、特開平2-229423号公報に開示されており、そこに開示された装置に本実施例のアライメント制御方式を組み込んでよい。

【0050】－第2の実施例－

次に本発明の第2の実施例について説明するが、ここで

は第1の実施例をそのまま使うとともに、さらに走査露光中の2次元(X、Y方向)のアライメントを可能とするものである。

【0051】走査露光をX方向とすると、それと直交するY方向についても同様の干渉縞アライメント法が利用できるように、レチクルR上とウエハW上の格子マークの配置と構造を若干変更する。本実施例では、図2、図5に示したTTR方式のアライメント系をX方向用とY方向用とに2軸設けるようにし、レチクルとウエハの各ストリートライン上にX方向用、Y方向用の格子マークを設ける。

【0052】図8は、レチクルR上の各マーク配置とアライメント系の対物レンズの配置を示し、レチクルRのパターン領域PAの両脇でX方向、すなわち走査露光方向に伸びるストリートライン領域内に、Y方向用の格子マークRM_Ya、RM_YbとX方向用の格子マークRM_Xa、RM_Xbとを設ける。これら格子マークは一例として図9に拡大して示すように配置され、Y方向用の格子マークRM_Yaは数本のラインアンドスペースパターンをX方向に延設したもので、その隣りにX方向用の格子マークRM_Xaが設けられる。このレチクルR上の格子マークRM_YaとRM_Xaの両側は透明部となっていて、対応するウエハW上のY方向用の格子マークWM_YaとX方向用の格子マークWM_Xaとが位置する。

【0053】本実施例では、これら格子マークのうちX方向用の格子マークRM_Xa(WM_Xa)とRM_Xb(WM_Xb)は、第1の実施例と同様にX方向用のアライメント系の対物レンズ23Xa、23Xbを介して検出され、Y方向用の格子マークRM_Ya(WM_Ya)とマークRM_Yb(WM_Yb)は、Y方向用のアライメント系の対物レンズ23Ya、23Ybを介して検出される。

【0054】Y方向用のアライメント系は、基本的にX方向用のアライメント系と同一の構成であり、異なる点は2本のビームBL1、BL2のレチクルR(またはウエハW)に対する入射角がY-Z平面内で傾いていることである。また、X方向用のアライメント系の内部の開口絞り(46R、46W)はY方向用の格子マークRM_Ya、WM_Ya(RM_Yb、WM_Yb)からの干渉光をも遮光するように設定され、Y方向用のアライメント系の内部の開口絞り(46R、46W)はX方向用の格子マークRM_Xa、WM_Xa(RM_Xb、WM_Xb)からの干渉光をも遮光するように設定される。

【0055】ここでレチクルRとウエハWが相対的にX方向に走査されると、レチクルR上のY方向用の格子マークRM_Yaからの干渉光(ビート光)と、ウエハW上のY方向用の格子マークWM_Yaからの干渉光(ビート光)とを光電検出して得られる2つの信号の周波数は、レチクルR、ウエハWのX方向の走査速度とは無関係に、ほぼ一定(Δf)となる。ただし、Y方向のアライ

メント誤差量が時間的に急峻に変化するとき、それに応じて進行の周波数も変化し得るが、この変化はほとんど無視し得る程度のもので、ほとんどの場合、Y方向のアライメント誤差量は、2つの信号の位相差を検出するだけでよい。このY方向の場合についても、アライメント誤差量は逐次出力されるから、その誤差量が常に一定値になるように、レチクルステージ6、またはウエハステージ9をY方向に微動させる。あるいは、走査露光中に、Y方向のアライメント誤差信号に基づいて、レチクルステージ6、またはウエハステージ9のY方向用の駆動系をサーボ(フィードバック)制御するようにしてもよい。

【0056】本実施例では、走査露光方向にX方向用とY方向用の各アライメント系を並置したが、単一の対物レンズを介してX方向とY方向のアライメントが可能ないように、4本のビームを同時に入射するようにしてもよい。

【0057】ところで、図2に示した装置では図示を省略したが、レチクルRの上方には、露光光と同一波長の照明光のもとでレチクルR上の格子マークとウエハステージ9上の基準マークとを観察するTTR方式のアライメント系が設けられている。これは、図2、図5に示したアライメント系が露光光と異なる波長のビームBL1、BL2を使ったときのベースライン管理のために必要となる。

【0058】このような、露光光と同一波長を使うTTRアライメント系は、例えば図10のように配置される。図10において、対物レンズ23、ミラー24は図2中のものと同じのものであり、これらの他に光ファイバー62、ビームスプリッタ61、対物レンズ60、および撮像素子63等から成るTTRアライメント系が設けられ、ウエハステージ9上には基準マーク板FMが固定される。光ファイバー62は露光光と同一波長の照明光を射出し、ビームスプリッタ61で反射した照明光は対物レンズ60を介してレチクルR上の格子マークを照明する。レチクルRを透過した照明光は、投影レンズPLを介して基準マーク板FM上の格子マークを照射する。この基準マーク板FM上には、図10に示すように対物レンズ23を介して同時に検出可能な位置に格子マークが設けられている。

【0059】撮像素子63は、レチクルRの格子マークと基準マーク板FMの格子マークとの各像を撮像して、両マークの位置ずれ量(ΔX_e 、 ΔY_e)を求めるために使われる。このとき同時に対物レンズ23を介して干渉縞方式のアライメント系を作動させて、レチクルRの格子マークと基準マーク板FMの格子マークとの相対位置ずれ量(ΔX_a 、 ΔY_a)を求める。これによって、ベースライン量は($\Delta X_a - \Delta X_e$ 、 $\Delta Y_a - \Delta Y_e$)としてもとめられる。

【0060】ただし、この場合、ウエハステージ9(基

準マーク板FM)を静止させておく必要がある。一般的にはレーザ干渉計11の計測値が一定値になるように、ウエハステージ9をフィードバック制御しておく。ところが、レーザ干渉計11のレーザ光路は、大気中に開放された状態にあるので、わずかな空気ゆらぎによって計測値が微妙に変動する。このため、上記のようなベースライン計測にあたって、レーザ干渉計11の計測値でウエハステージ9を静止させようとしても、空気ゆらぎによるドリフトが生じることになる。

【0061】ところが、図2、図5に示した干渉縞方式のアライメント系はレチクルRと投影レンズPLの間、および投影レンズPLとウエハWの間では空气中に露出しているビーム部分がわずかであることから、たとえ空気ゆらぎが生じて、それによる計測誤差はほとんど無視できる。そこで、干渉縞方式のアライメント系を使って、レチクルRと基準マーク板FMとをアライメントするように、レチクルステージ6、またはウエハステージ9をフィードバック制御する。これによってレチクルRと基準マーク板FMとの相対的な位置ずれは、別波長のアライメント系(対物レンズ23)のもとではほぼ零に追い込まれる。そして、その状態で撮像素子63を使ってレチクルRの格子マークと基準マーク板FMの格子マークとの位置ずれ量を求める。これによって求められたずれ量がベースライン量(ΔX_B 、 ΔY_B)となる。このベースライン量(ΔX_B 、 ΔY_B)は、投影レンズPLの色収差によって生じる固有値であって、レチクルR上の格子マークの検出位置(投影レンズの像高点)が変わるたびにチェックされる。

【0062】このベースライン量(ΔX_B 、 ΔY_B)は対物レンズ23を介して検出されるレチクルRとウエハWとの相対位置ずれ量にオフセットとして加えられ、真の重ね合わせ位置への補正として使われる。なお、対物レンズ60を介して観察する位置は、レチクルR上の露光用照明光の照射領域(スリット状)からはずれた位置になるため、厳密に言えば、そのずれによって固有の誤差が生じ得る。その誤差とは、主に投影レンズPLの露光波長に起因して生じるディストーションによるものである。しかしながら、投影レンズPLの投影視野内の各点におけるディストーション量は、予め求めておくことができるため、対物レンズ60の観察位置でのディストーション量を装置固有のオフセット量として記憶しておき、ベースライン計測値を、さらに補正するようにしておくといよい。

【0063】—第3の実施例—

図11は本発明の第3の実施例による格子マーク配置を示し、特にウエハWのストリートライン内に形成する格子マークを2次元格子にすることで省スペース化をはかるものである。図11において、レチクルR上にはY方向用の格子マークRMYaとX方向用の格子マークRMXaとがY方向に一定の間隔をあけて設けられ、この間

隔部分(透明部分)にはウエハW上の2次元格子WMxyが位置するように設定される。2次元格子WMxyは微小な矩形ドットパターンをX方向とY方向の両方に所定のピッチで配列したものである。実際のアライメント時には、図8に示したようにX方向用のアライメント系とY方向用のアライメント系とで位置を分離しておく方がよい。

【0064】ただし、X方向アライメント用の2本のビームとY方向アライメント用の2本のビームとを互いに相補的な偏光状態にしておけば、2次元格子WMxyから垂直に発生する干渉光を偏光特性で分離することができるので、同一の対物レンズ23を介して4本のビーム(X方向用の2本とY方向用の2本)を同時に格子マークへ照射することも可能である。

【0065】このように、2次元格子WMxyをウエハ上のショット領域に沿った走査方向全体に設けることで、かなりの省スペース化がはかれるとともに、走査露光中の2次元のアライメント補正が可能になる。ちなみにウエハ上の一般的なストリートライン領域は幅(図11のY方向の寸法)が70 μ m程度確保されている。2次元格子WMxyの矩形ドットの寸法を4 μ m角(すなわちピッチ8 μ m)とすると、Y方向には8個の矩形ドットが形成でき、これは実用上、ほぼ十分な計測精度が期待できる。また図11中のレチクル側の格子マークRMYa、RMXaもウエハ側と同様の2次元格子にすることも可能である。

【0066】—第4の実施例—

図12は、本発明の第4の実施例による格子マーク配置を示し、レチクルRのパターン領域PAの外側の走査露光方向に延びたストリートライン領域内に1次元、または2次元の格子マークRML1~RML4、RMR1~RMR3をX方向に飛び飛びに設ける。ウエハW上にもそれらに対応した位置に1次元、または2次元の格子マークをX方向に飛び飛びに設ける。

【0067】これらマークRML1~RML4とマークRMR1~RMR3とは、互いに入れ子状態で配置され、アライメント系の2本の対物レンズ23R、23LがY方向に離れて並んでいるものとすると、X方向の走査露光のときに対物レンズ23R、23Lのいずれか一方が常に格子マークからの干渉光を入射できるように設定されている。例えば図12の位置からレチクルRが左右に移動すると、対物レンズ23Lを介して格子マークRML1と、これに対応したウエハ上の格子マークとがアライメントされ、対物レンズ23Lからの2本(または4本)の送光ビームの照射領域が格子マークRML1からはずれる直前に、格子マークRMR1が対物レンズ23Rからの送光ビームの照射点に達する。従って次のサイクルでは、格子マークRMR1と、これに対応したウエハ上の格子マークとが対物レンズ23Rを介してアライメントされる。以下同様にして、走査露光の信号に

伴って対物レンズ23R、23Lを交互に切り換えてアライメントしていく。本実施例では、格子マークRML1からRMR1への切り換えの際、対物レンズ23Lを介して得られる干渉ビート光と、対物レンズ23Rを介して得られる干渉ビート光とが、時間的にわずかの間だけ同時に存在するように各マークを配置してある。

【0068】この実施例のように格子マークを配置すると、X方向に関する格子マークと格子マークとの間に他のマーク、例えばウェハのグローバルアライメント(EGA)用のマークを配置することができる。

【0069】－第5の実施例－

図13は、本発明の第5の実施例による投影露光装置の構成を示し、図2の構成と異なる点はレチクルR(およびウェハW)の走査方向に複数のアライメント系の対物レンズ23A、23B、23C、23Dを並べたことにある。レチクルR、およびウェハW上の格子マークの配置は、先の図4、図8、図11、図12のいずれの方法でかまわない。

【0070】この図13の場合、4つの対物レンズ23A～23Dはそれぞれ格子マーク上の異なる位置で発生する干渉ビート光を入射して、レチクルRとウェハWの走査移動中のアライメントを行なうが、走査位置によっては、両脇の対物レンズ23A、23Dのいずれか一方のみしか使えないこともある。そこで1つのアライメントシーケンスとして、例えばレチクルRが図13中の左側から右側へ走査される場合は、レチクルRの走査位置に応じて対物レンズ23A、対物レンズ23B…の順で使用するアライメント系の数や位置を変えることもできる。また、図13のように複数のアライメント系が同時に使えるときは、図12に示した格子マークRML1～RML4と格子マークRMR1～RMR3とを入れ子の関係にしないで、ほぼ連続的にアライメントのための信号を得ることができる。

【0071】そのためには、例えば対物レンズ23A～23Dの走査方向(X方向)の間隔と、格子マークRML1～RML4のX方向の間隔とを異ならせておけばよい。なお、本発明による走査露光中アライメント方式は、従来のステップ&スキャン方式の露光装置にもそのまま応用できるものである。

【0072】図14は、本発明に係る走査露光装置が適用される反射屈折式露光装置の概略全体構成図である。図2と同様な箇所には同一の符号を付して相違点だけを簡単に説明すると、71、73は反射ミラー、72はレチクルステージ6の位置を計測する干渉計、74はレンズ、75はビームスプリッタ、76は凹面鏡、77は屈折レンズ計である。送光光学系22から射出されるアライメント光は、ミラー71、対物レンズ23を介してレチクルRのレチクル格子RMa、RMbに入射するとともに、レチクルRの透光部からミラー73、レンズ74、ビームスプリッタ75、凹面鏡76、屈折レンズ系

77を介してウェハW上のウェハ格子WMa、WMb(不図示)に入射する。各格子で得られる干渉光の処理や干渉光形成などの方式は上述した投影式露光装置で説明したものと同様である。

【0073】また、以上では露光装置の干渉縞アライメント法について説明したが、回折格子に周波数差のある光を照射して干渉光のビート波を形成し、このビート波に基づいて、移動する物体の位置や速度を計測する装置にも本発明を適用できる。

【0074】この場合、次の様な構成がとられる。第1方向に沿って往復移動する物体上には、この第1方向に沿って一定ピッチで配列された複数の格子要素からなる回折格子が設けられ、この回折格子上の同一部分に2本のコーヒレントなビームが第1方向に関して対称的に傾けて同時に照射される。この回折格子から同一方向に生じる2つの回折光によって形成される干渉光を光電検出器で検出する。光電検出器で得られる交流信号に基づいて、物体の移動量または移動位置が測定される。そして、回折格子を照射する2本のビームに所定の周波数差を与える周波数変調手段と、物体の往復移動の方向性によって2本のビームの周波数差の極性を切換える切換え手段とが設けられる。光電検出器で得られる交流信号の周波数が、物体の往復移動の方向性にかかわらず、常に2本のビームの周波数差以上になるように構成される。

【0075】

【発明の効果】以上説明したように請求項1の発明によれば、走査露光装置に干渉縞アライメント法を適用する時、マスク格子と基板格子にそれぞれ入射されるビームの周波数差の極性を、マスクの走査方向に応じて切換えるようにしたので、マスク格子に対応する第1光電検出器からの第1交流信号と、基板格子に対応する第2光電検出器からの第2交流信号の各周波数がマスクの走査方向の正負によらず、常に2本のビームの周波数差以上になり、走査速度やマスクの移動方向の制限がなくなり、スループットが向上する。請求項2の発明によれば、回折格子に入射される2本のビームの周波数差の極性を物体の移動方向に応じて切換えるようにしたので、光電検出器で得られる各ビームに対応する周波数が、物体の移動方向にかかわらず常に周波数差以上になり、物体の移動方向にかかわりなく、精度よく物体の位置などを測定できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】クレーム対応図

【図2】本発明の実施例による投影式走査露光装置の構成を示す図、

【図3】図2の装置によるアライメント方式を説明する斜視図、

【図4】2光束化周波数シフト部の詳細を説明するブロック図

【図5】図2の装置のアライメント系の構成を示す図、

【図6】図2の装置で使用するレチクルとウエハの各格子マークの配置を示す図、

【図7】図5のアライメント系の動作原理を説明する図、

【図8】第2の実施例によるマーク配置を有するレチクルの平面図、

【図9】図8のマーク配置を部分的に拡大して示す平面図、

【図10】ベースライン計測の方式を説明するための図、

【図11】第3の実施例によるマーク配置を説明する図、

【図12】第4の実施例によるマーク配置を説明する図、

【図13】第5の実施例による装置構成を説明する図。

【図14】本発明が適用可能な反射屈折式露光装置の一例を示す斜視図

【図15】従来のステップ&スキャン露光装置におけるアライメント方式を説明する斜視図

【図16】図15のアライメント方式で得られるアライメント用の信号波形を示す波形図

【符号の説明】

R レチクル、
RMa、RMb、RMX a、RMY a、RMX b、RM

Y b レチクル格子マーク、

WMa、WMb、WMY a、WMX a、WMx y ウエハ格子マーク、

W ウエハ

PL 投影光学系

1 レチクルブラインド

6 レチクルステージ

8 レチクルステージ駆動モータ

9 ウエハステージ

10 ウエハステージ駆動モータ

11 レーザ干渉計

12 ウエハステージ駆動制御部

20 レーザ光源

21 2光束化周波数シフタ部

22 送光光学系

23 アライメント用対物レンズ

25 光電検出ユニット

27 位置ずれ量検出部

32 切換駆動部

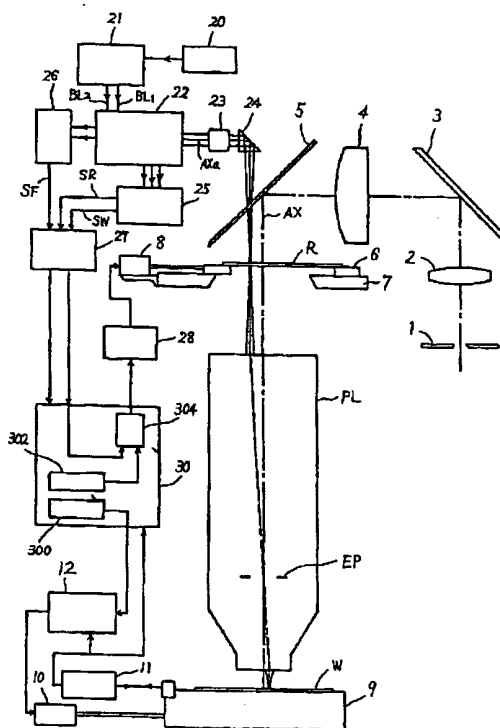
212, 213 音響光学素子

215 周波数シンセサイザ

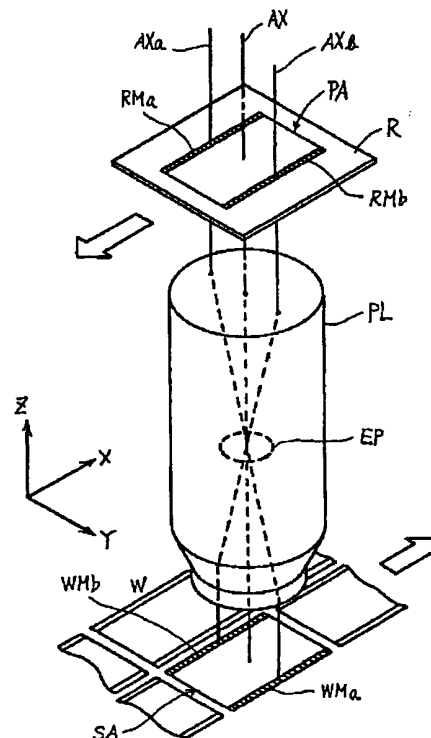
216, 217 アパーチャ

220 切換器

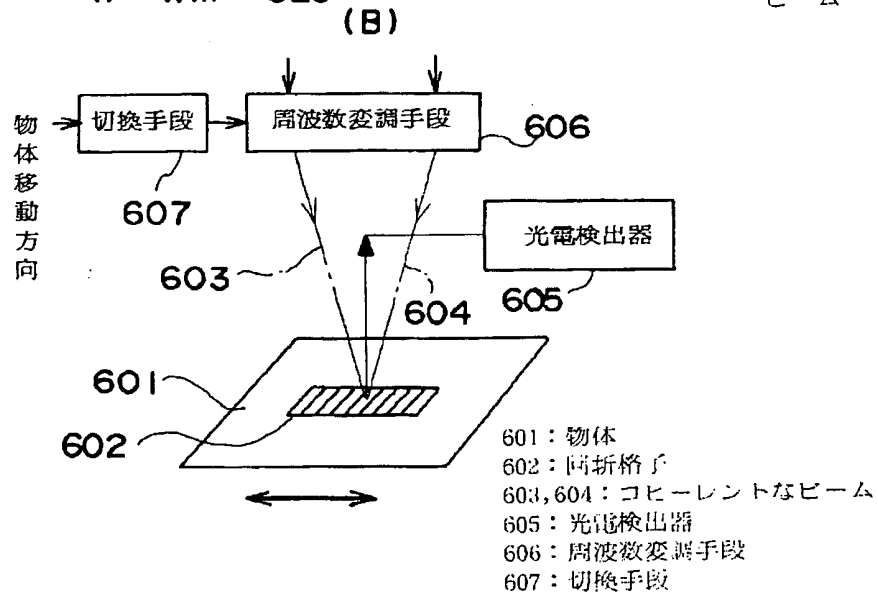
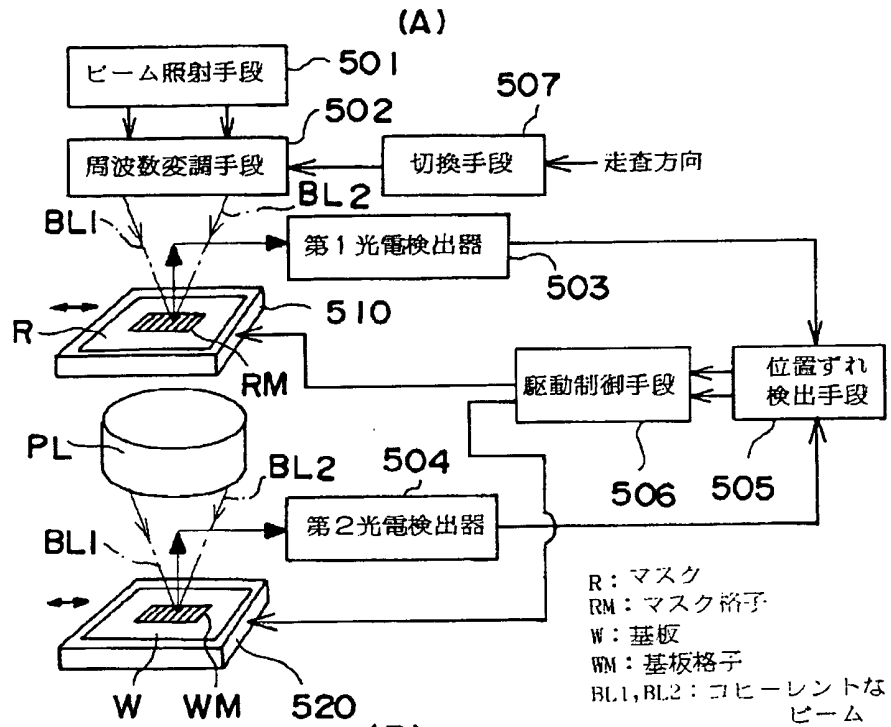
【図2】



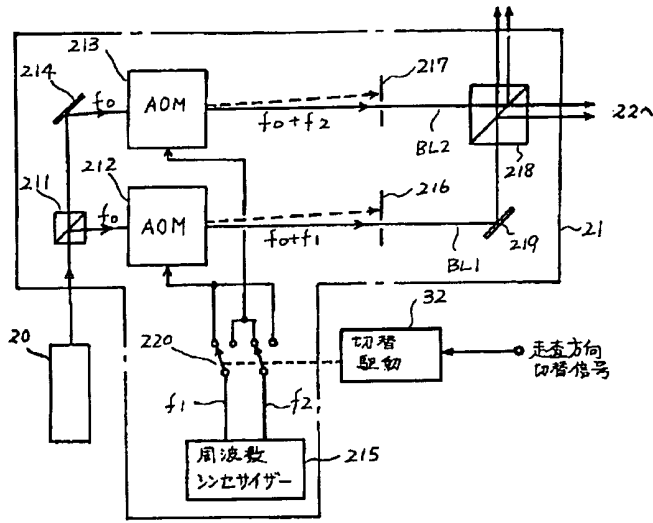
【図3】



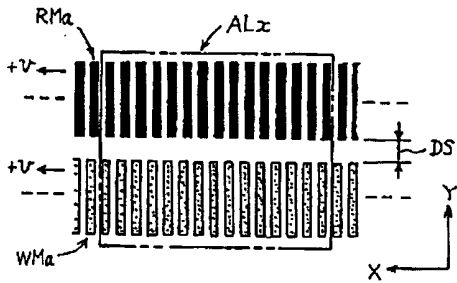
【図1】



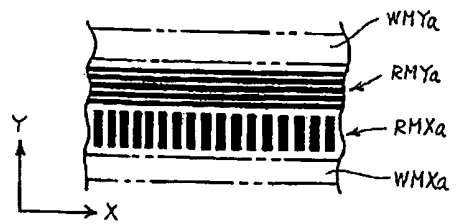
【図4】



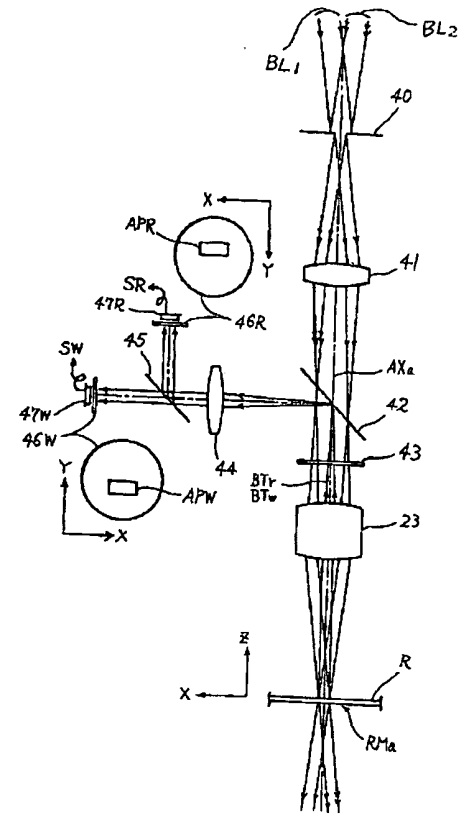
【図6】



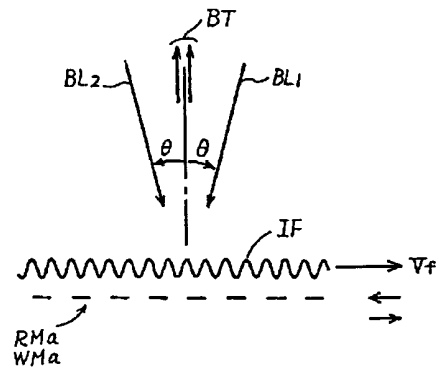
【図9】



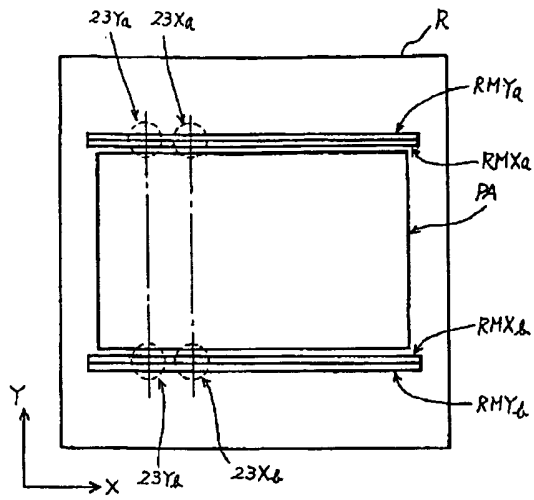
【図5】



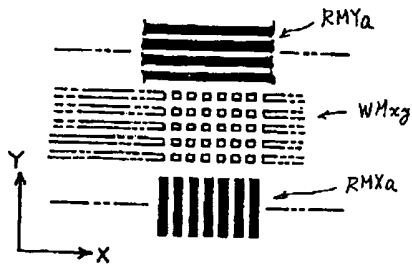
【図7】



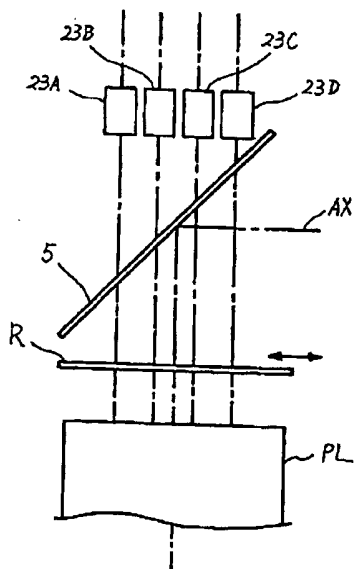
【図8】



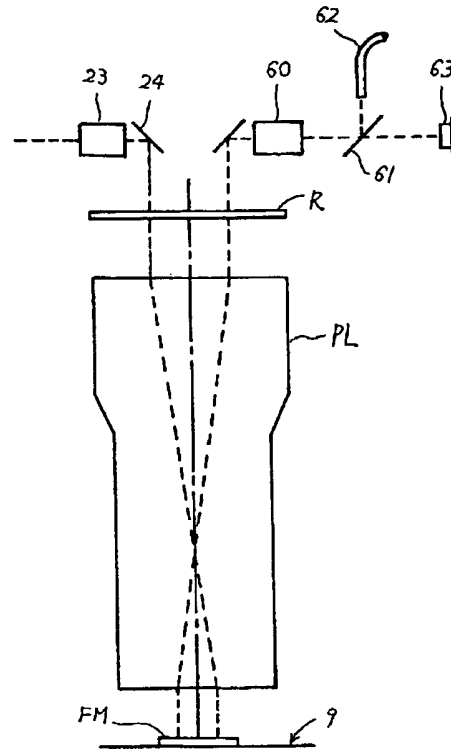
【図11】



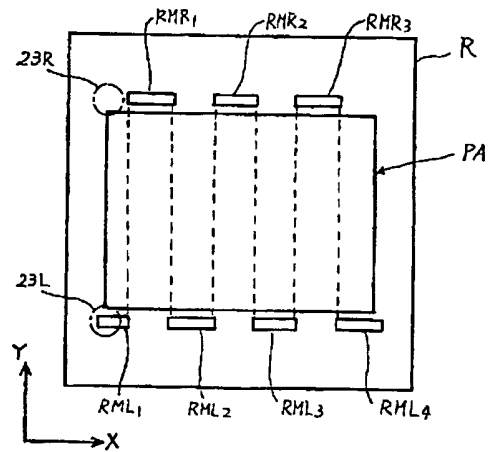
【図13】



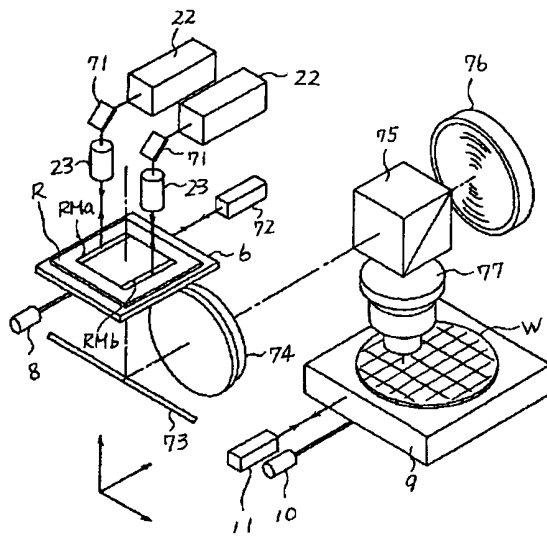
【図10】



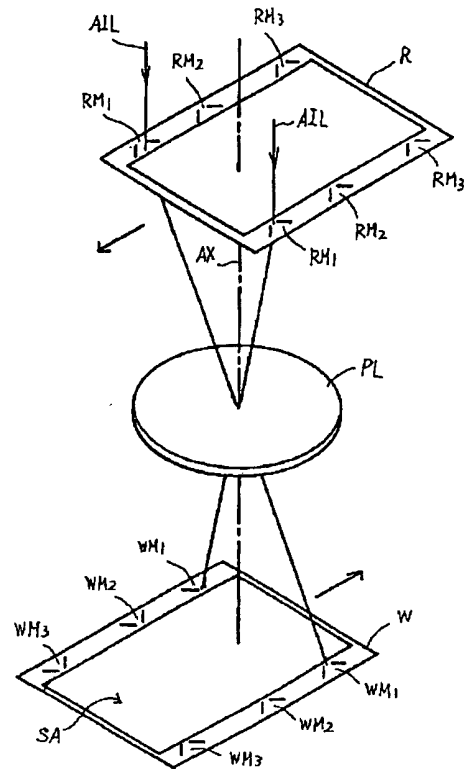
【図12】



【図14】



【図15】



【図16】

